

シンポジウム「日本における再生可能エネルギーの利用拡大に向けて」（2015年2月12日）

次世代電力ネットワークと超伝導技術 Superconducting technology for future power grid

大崎 博之（東京大学）

Hiroyuki Ohsaki (The University of Tokyo)

大学院新領域創成科学研究科 先端エネルギー工学専攻

超伝導技術の応用

超伝導 → 低損失, 高密度, 高磁場, 高速性, 高感度

超伝導技術

高効率化
軽量・コンパクト化
高機能・新機能の実現



電力・エネルギー機器の革新

(パワー応用)

現状

進行中

将来

限定的な実用状況と実用化拡大の兆候

医療応用: MRI

材料プロセス応用:

シリコン単結晶引き上げ装置

物質分析: NMR

加速器

プラズマ閉じ込め装置

研究用マグネット

鉄道応用:

鉄道き電系への応用

超伝導リニア(中央新幹線)

電力機器:

電力ケーブル

変圧器

限流器

発電機(風力, 他)

エネルギー貯蔵システム

(SMES, フライホイール)

モータ

医療応用: 高温超伝導MRI

重粒子線照射がん治療装置

直流ケーブル

(多国間・国際連系)

宇宙開発への適用

核融合用マグネット

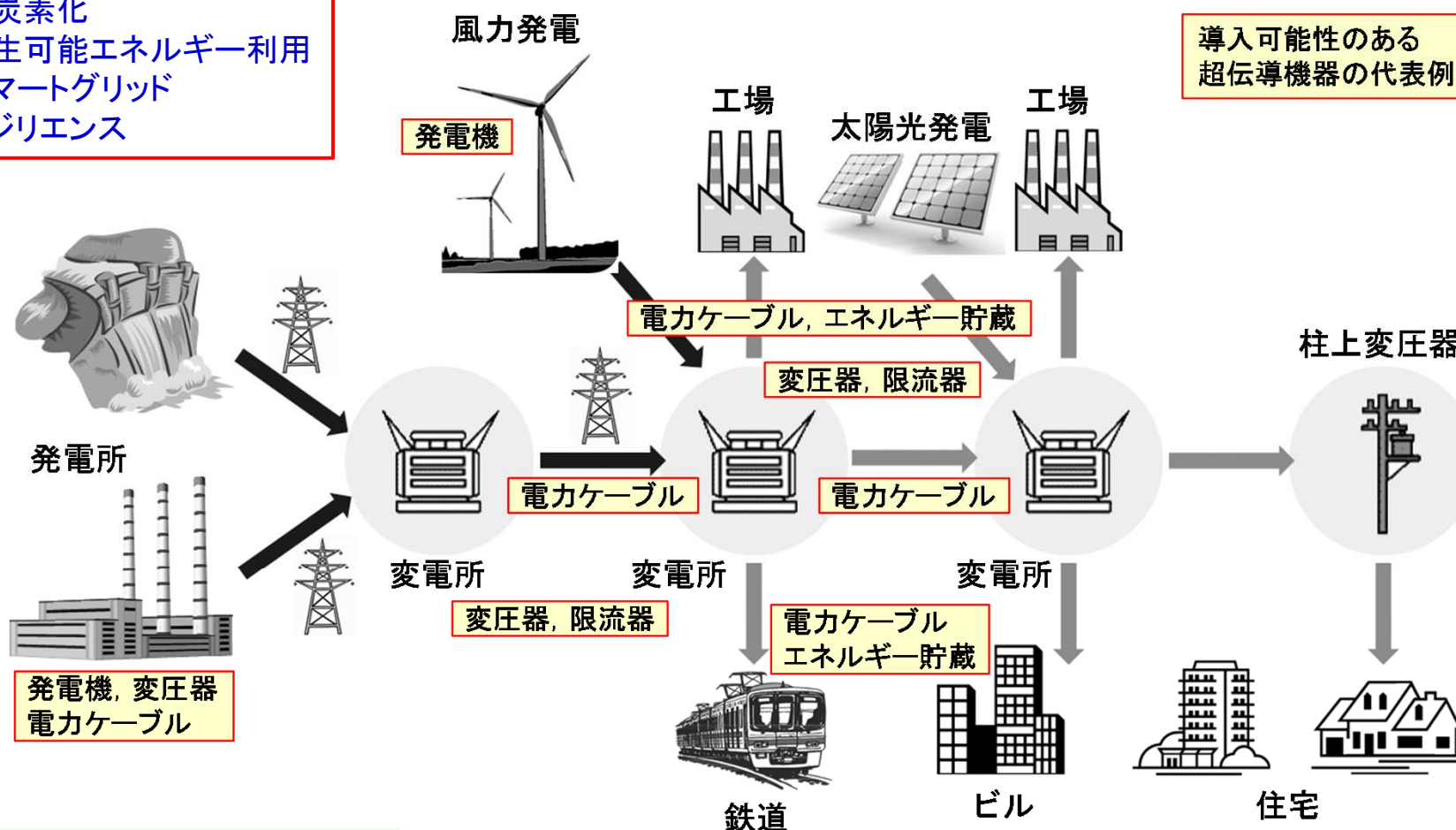
直流応用中心

高温超伝導技術による応用拡大

電力システムへの超伝導応用機器適用の可能性

低炭素化
再生可能エネルギー利用
スマートグリッド
レジリエンス

導入可能性のある
超伝導機器の代表例



広域電力ネットワーク

国際連系

電力ケーブル, 限流器, 変圧器
発電機(火力・原子力・風力), モータ
エネルギー貯蔵システム(SMES, フライホイール)

次世代電力ネットワーク整備と再生可能エネルギーの利用拡大に対する超伝導技術の可能性

• 超伝導電力ケーブル

- 特長: 大容量, コンパクト, 低損失
- 適用可能性:
 - ✓ 長距離送電(架空送電線代替, 連系強化, 直流送電)
 - ✓ 高電力需要地区への送電
 - ✓ 都市内送電
 - ✓ 分散型電源からの送電

• 超伝導風力発電機

- 特長: 小型軽量化, 高効率化
- 10MW超級大型風力発電機の可能性

• 液体水素設備との組合せ

- 液体水素冷却超伝導電力機器
- 水素・電力統合型エネルギーシステム

• 超伝導限流器(FCL)

- 事故電流を抑制する機器
- 機能:
 - ✓ 系統連系の柔軟性向上とそれによる供給信頼度の向上
 - ✓ 系統機器の耐過電流条件の緩和による機器の軽量化・低コスト化
 - ✓ 故障波及範囲の限定と広域事故防止
 - ✓ 他の超伝導応用電力機器と組合せ

超伝導応用電力機器開発の現状

超伝導電力ケーブル

- **国内での系統連系実証試験**
東京電力・旭変電所
66 kV, 200 MVA級, 約240 m
2012年10月29日～2013年12月25日
- **国内での開発例**
275 kV高電圧ケーブルの長期通電試験
- **海外での実証試験(米国, ドイツ, ロシア, 韓国, 中国など)**
 - AmpaCityプロジェクト(ドイツ・エッセン中心部)**
二つの変電所間約1 kmを結ぶ10 kV, 40 MVAの三相同軸型超伝導ケーブルの実証試験中(2014年3月～)
 - 直流ケーブル(韓国, ロシア, 中国など)**
韓国・済州島のスマートグリッド実証試験サイトで, 直流80 kV, 500 MVAのケーブルが実証試験中
 - 米国・シカゴ**
スマートグリッドに, さらに高い信頼性と事故等からの回復力, 安全性を提供する技術として, 長さ3マイルを超える超伝導ケーブルシステムの開発

超伝導限流器

- **海外での実証試験**
(米国, ドイツ, イタリア, 韓国, 中国など)
- **AmpaCityプロジェクト(ドイツ)**
超伝導ケーブルに抵抗型超伝導限流器を直列に挿入
- **ECCOFLOWプロジェクト(Nexans社, 他)**
抵抗型限流器(15kV～24kV, 1 kA, Y系線材)
- **イタリア・ミラノの配電変電所**
2012年3月から2014年6月まで実証試験
限流器に大きなトラブルなど無く運転
2014年5月17日に短絡事故が発生した際には限流器として正常に動作
- **英国・バーミンガム**
配電系統への導入計画
分散型電源の導入促進
2台の超伝導限流器を導入
実証試験, およびその後も継続利用予定

超伝導応用電力機器開発の現状

(10MW超級)超伝導風力発電機

- 国内での研究開発
 - NEDO FSプロジェクト：鉄心の有効利用による超伝導線材の使用量の抑える設計
- 欧州での研究開発
 - SUPRAPOWER(EUプロジェクト)
 - 10 MW級洋上風力発電機
 - MgB₂線材の適用
 - 高信頼性, 軽量, ロバスト
 - INNWIND(EUプロジェクト)
 - 10~20 MWの洋上風力発電機の開発
 - 超伝導発電機開発を含む
 - デンマーク工科大学
- 米国での研究開発
 - AMSC社：SeaTitan
 - AML社：全超伝導機
 - GE社

その他

- 超伝導エネルギー貯蔵システム
 - 高温超伝導SMES
 - 超伝導フライホイール
- 超伝導変圧器
- 液体水素冷却超伝導機器
 - MgB₂線材(臨界温度39K)
 - 電力ケーブル
 - SMES
 - その他